

ELECTRIC MOTOR CONTROL DEVICE

Patent Number: JP2001309697
Publication date: 2001-11-02
Inventor(s): MATSUURA SADAHIRO
Applicant(s): MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD
Requested Patent: ☐ JP2001309697
Application Number: JP20000123735 20000425
Priority Number(s):
IPC Classification: H02P21/00
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To estimate the current of all phases by detecting the current of one phase in an electric motor control device controlling and driving an electric motor by current.
SOLUTION: The electric motor control device is provided with a current detector 104 for measuring the current of one phase of the electric motor 100 and a current estimation means for estimating the current of the other phase not detected by the current detector. The current of all the phases can be estimated by detecting the current of one current, and the rotational speed, output torque or the like of the electric motor can be accurately controlled.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

This document was cited in the specification.

特開2001-309697

(P2001-309697A)

(43)公開日 平成13年11月2日(2001.11.2)

(51)IntCl. ⁷	H02P 21/00	識別記号	PI	H02P 5/08	A	5H576	ナニヲイフ(参考)

審査請求 未請求 請求項の数12 OL (全14頁)

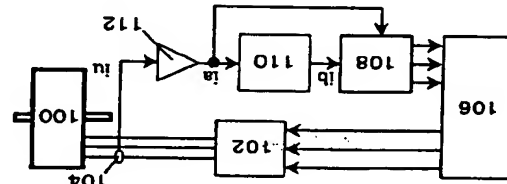
(21)出願番号 特開2000-123735(P2000-123735)	(71)出願人 00005821 松下電器産業株式会社 大阪府門真市大字門真1008番地
	(72)発明者 松浦 武裕 大阪府門真市大字門真1008番地 松下電器産業株式会社内
(22)出願日 平成12年4月25日(2000.4.25)	(74)代理人 10097445 弁理士 岩崎 文雄 (外2名) Fターム(参考) 5B578 D002 D004 D007 E01 E11 G04 H01 J04 J05 J12 J14 J15 J16 J17 J18 L01 L14 L12 L13

(54) [発明の名称] 電動機制御装置

(57) [要約]

【要約】 電動機を電流制御して駆動する電動機制御装置において、一つの相の電流を検出することで全ての相の電流を推定可能としたものである。

【解決手段】 電動機100の一つの相の電流を推定する電流検出器104と前記電流検出器で検出しない他の相の電流を推定する電流推定手段とを具備する構成としたものである。したがって、一つの相の電流を検出することで全ての相の電流を推定可能となり、小型かつ安価で電動機の回転速度やトルクなどが精度よく制御可能となる。



(特許請求の範囲)

【請求項1】 少なくとも二相以上の相を有する電動機の固定子に供給する交流電流の振幅と周波数を変化させて駆動する電動機制御装置において、前記電動機の一つの相の電流を推定する電流検出器を有しており、前記電流検出器で検出しない他の相の電流を推定する電流推定手段を具備していることを特徴とする電動機制御装置。

【請求項2】 少なくとも二相以上の相を有する電動機の固定子に供給する交流電流の振幅と周波数を変化させて駆動する電動機制御装置において、前記電動機の一つの相の電流を推定する電流検出器を有しており、前記電流検出器で検出した相の電流と位相差が90度である仮想の相の電流を推定する仮想相電流推定器を具備していることを特徴とする電動機制御装置。

【請求項3】 仮想相電流推定器が、電流検出器の出力値と電動機に供給する交流電流の周波数を用いて、仮想の相の電流を推定することを特徴とする請求項2記載の電動機制御装置。

【請求項4】 仮想相電流推定器が、電流検出器の出力値を時間積分した電流検出積分値と電動機に供給する交流電流の周波数を積算して、仮想の相の電流を推定することを特徴とする請求項2記載の電動機制御装置。

【請求項5】 少なくとも二相以上の相を有する電動機の固定子に供給する交流電流の振幅と周波数を変化させて駆動する電動機制御装置において、前記電動機の一つの相の電流を推定する電流検出器を有しており、前記電流検出器で検出した相の電流と位相差が90度である仮想の相の電流を推定する仮想相電流推定器と、前記電流推定器で検出した相の電流と同じ位相の相の電流を推定する電流検出器と、前記電流検出器の出力値と前記電流推定器の出力値から電動機一つの出力値と前記電流検出器の出力値を補正する電流補正器とを具備していることを特徴とする電動機制御装置。

【請求項6】 電流推定手段が、電流検出器で検出した相の電流と位相差が90度である仮想の相の電流を推定する仮想相電流推定器と、前記電流検出器の出力値と前記電流推定器の出力値から電動機一つの出力値と前記電流推定器の出力値を補正する電流補正器とを具備していることを特徴とする請求項1記載の電動機制御装置。

【請求項7】 少なくとも二相以上の相を有する電動機の固定子に供給する交流電流の振幅と周波数を変化させて駆動する電動機制御装置において、前記電動機の一つの相の電流を推定する電流検出器と、前記電流検出器で検出した相の電流を制御する電流制御手段を有しており、前記電流制御手段で検出した相の電流と位相差が90度である仮想の相の電流を制御する仮想相電流制御手段と、前記電流制御手段の出力値と前記電流制御手段の出力値を補正する電流補正器と、前記電流補正器の出力値と前記電流制御手段の出力値を補正する電流補正器とを具備していることを特徴とする電動機制御装置。

から前記電動機の固定子に印加するすべての相の電圧指令値に変換する電圧指令値変換器とを具備していることを特徴とする電動機制御装置。

【請求項8】 仮想相電流制御器が、検出相電圧指令値と電動機に供給する交流電流の周波数を用いて、仮想相電圧指令値を推定することを特徴とする請求項7記載の電動機制御装置。

【請求項9】 仮想相電流制御器が、検出相電圧指令値を時間積分する電圧指令積分値と電動機に供給する交流電流の周波数を積算して、仮想相電圧指令値を推定することを特徴とする請求項7記載の電動機制御装置。

【請求項10】 少なくとも二相以上の相を有する電動機の固定子に供給する交流電流の振幅と周波数を変化させて駆動する電動機制御装置において、前記電動機の一つの相の電流を推定する電流検出器と、前記電流検出器で検出した相の電流を推定する電流推定手段と、前記電流推定手段で検出した相の電流と位相差が90度である仮想の相の電流を推定する仮想相電流推定器と、前記電流推定器で検出した相の電流と同じ位相の相の電流を推定する電流検出器と、前記電流検出器の出力値と前記電流推定器の出力値を補正する電流補正器とを具備していることを特徴とする電動機制御装置。

【請求項11】 三相誘導電動機の固定子に供給する交流電流の振幅と周波数を変化させて駆動する電動機制御装置において、前記三相誘導電動機の一つの相の電流を推定する電流検出器と、前記電流検出器で検出した相の電流と位相差が90度である仮想の相の電流を推定する仮想相電流推定器と、前記電流推定器で検出した相の電流と同じ位相の相の電流を推定する電流検出器と、前記電流検出器の出力値と前記電流推定器の出力値を補正する電流補正器とを具備していることを特徴とする電動機制御装置。

【請求項12】 電流推定手段が、電流検出器で検出した相の電流と位相差が90度である仮想の相の電流を推定する仮想相電流推定器と、前記電流推定器で検出した相の電流と位相差が90度である仮想の相の電流を推定する電流検出器と、前記電流検出器の出力値と前記電流推定器の出力値を補正する電流補正器と、前記電流補正器の出力値と前記電流推定器の出力値を補正する電流補正器とを具備していることを特徴とする電動機制御装置。

【請求項13】 電流推定手段が、電流検出器で検出した相の電流と位相差が90度である仮想の相の電流を推定する電流検出器と、前記電流検出器の出力値と前記電流推定器の出力値を補正する電流補正器と、前記電流補正器の出力値と前記電流推定器の出力値を補正する電流補正器とを具備していることを特徴とする電動機制御装置。

【請求項14】 電流推定手段が、電流検出器で検出した相の電流と位相差が90度である仮想の相の電流を推定する電流検出器と、前記電流検出器の出力値と前記電流推定器の出力値を補正する電流補正器と、前記電流補正器の出力値と前記電流推定器の出力値を補正する電流補正器とを具備していることを特徴とする電動機制御装置。

の出力値を用いて、三相誘導電動機回転速度を決定することと特徴とする請求項 1 記載の電動機制御装置。
 (発明の詳細な説明)
 [0001]

$$|u+v+w|=0$$

05 の関係が知られている。したがって、三相すべての電流を検出しなくても三相のうちのいずれか二相の電流を検出してできれば、すべての電流が検出できる。例えば、u 相、v 相に電流検出器を置いて、それぞれの電流が検出できるとすると、w 相の電流は、

【改2】

10 で、導くことができる。

【0003】三相全ての電圧値が測定あるいは検定でき
れば、公知の三相／二相変換、
【数3】

[数3]

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

により、位相差が90度の1a、1bの二相動機モデ
ルの二相交流電流への変換や、さらには公知の静止／回
転変換、

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}^{(数4)} = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$v_{d^*} = K i \int_0^1 (1 d^* - 1 d) d t + K p \cdot (1 d^* - 1 d)$$

$$v q' = K + \int_0^1 (1 q' - 1 q) d t + K p \cdot (1 q' - 1 q)$$

夢により、電圧指令 V_d^* 、 V_q^* を求め、公知の回転ノ静止座標変換、

$$\begin{pmatrix} v_1' \\ v_2' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \theta & 0 \\ \sin \theta & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\sin \theta & 0 \\ \cos \theta & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v_1' \\ v_2' \end{pmatrix}$$

により、二相の交流電圧指令 v_a^* 、 v_b^* を求め、さらに公知の二相／三相変換、

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

【課題を解決するための手段】上記四課題を解決するために本発明の電動油圧制御回路は、電動機の一つの相の電流を測定する電流検出器と前記電流検出器で検出しない他の相の電流を推定する電流推定手段とを具備していることと特徴とし、少なくとも二相以上を有する電動機の電流に供給する交流電圧群の振幅と周波数と変化

させて駆動するものである。

【0007】さらに、電動機の一つの相の電圧を測定する電圧検出器と、前記電圧検出器で検出した相の電圧を制御する換出用電圧指令値を出力する換出用電圧制御器と、前記電圧検出器で検出した相の電圧と位相差が90°程度である逆起の相の電圧を制御する反起用電圧指令値を出力する反起用電圧制御器と、前記換出用電圧指令値と前記反起用電圧指令値から前記電動機の固定子に印加するすべての相の電圧指令値に変換する電圧指令値変換器とを具備することを特徴として、少なくとも二相以上の相を有する電動機の固定子に供給する交流電流の振幅と周波数を変化させて駆動するものである。

【0008】
電流の流れる形は、水の流れ、少くとも二相以上の相を有する電動流の固定子に供給する交流電流の脈幅と周波数を変化させて駆動する電動流制御装置において、前記電動流の一つの相の電流を測定する電流検出器を有しており、前記電流検出器で検出した他の相の電流を前記測定する電流検出器と異なすることを特徴とする電流検出装置である。

【0009】また、本発明は、少なくとも二相以上の相を有する電動機の四端子に供給する交流電流群の風相と電流値を変化させて駆動する電動機制御装置において、前記電動機の二つの相の電流を測定する電流検出器を有し、前記電流検出器で検出した二相の電流と位相差を90度である仮想の相の電流と推定する仮想相電流推定器を備えていることを特徴とする電動機制御装置であつてもよい。

0010) また、本発明は、仮想相電流推定器が、電
地出器の出力筋と電動機に供給する交流電流群の間波
を用いて、仮想の相の電流を推定することを特徴とす
る電動機制御装置であってよい。

0.011] また、本発明は、仮想相電流推定器が、電
流変流器の出力値を時間積分した電流検出部分値と電動
機に供給する交流電流群の周波数を積算して、仮想の相
電流を推定する電動機制御装置であつてもよい。

0012) また、本発明は、少なくとも二相以上の相を有する電流の固定子に供給する交流電流群の幅幅と電流変数を変化させて駆動する電動機制御装置において、交流電流の二つの相の電圧を測定する電圧検出器を有しており、前記電圧検出器で検出した相の電圧と位相差を0度である反逆の相の電圧を測定する反逆相電圧検出器と、前記電圧検出器で検出した相の電圧と同じ位相差と、前記電圧検出器で検出した相の電圧を測定する検出電圧検出器と、前記電圧検出器の電圧と前記検出電圧検出器の出力値から前記反逆相電圧検出器の出力値と前記検出電圧検出器の出力値とを測定する検出電圧検出器とを具備していることを特徴とする電動機制御装置であつてもよい。

013] また、本発明は、電流推定手段が、電流検出手段で検出した相の電流と位相差が90度である仮想の

相の電流を決定する反起相電流決定器と、前記電流検出器の出力値と前記反起相電流決定器の出力値から電動機としての相の電流値に差検する電流値偏差検出器とを具備していることを特徴とする電動機制御装置であつてもよい。

【0014】また、本発明は、少なくとも二相以上の相を有する電動機の固定子に供給する交流電流波群の振幅と周波数を変化させて駆動する電動機制御装置において、前記電動機の一つの相の電圧を測定する電圧検出器と、前記電圧検出器で検出した相の電圧を制御する検出電圧正相合鎖を有する検出電圧制御器と、前記電圧検出器で検出した相の電圧と位相角が90度である反相の相の電圧を制御する反相電圧正相合鎖を出力する反相電圧制御器と、前記反相電圧正相合鎖と、前記検出電圧正相合鎖と、前記電圧検出器と、前記反相電圧制御器と、前記検出電圧正相合鎖から前記電動機の固定子に供給する二相の電圧正相合鎖に変換する電圧正相合鎖駆動装置とを有していることを特徴とする電動機制御装置であつてよい。

【0015】また、本発明は、仮想相電流制御器が、検出相電圧指令値と電動機に供給する交流電流群の周波数を用いて、仮想相電圧指令値を決定することを特徴とする請求項7記載の電動機制御装置であって、もよい。

【0016】また、本発明は、仮組相電圧検測装置が、検出された仮組相電圧指令値を時間積分する電圧指令積分値と電動機供給する交流電圧波形の周波数を検出して、仮組相電圧指令値を推定することを特徴とする電動機制御装置であつてもよい。

0017] また、本発明は、少なくとも二相以上の和
有する電動機に固定子に供給する交流電流群の幅幅と
波数を変化させて駆動する電動機制御装置において、

前記電圧動差の一つの相の電圧を決定する電圧検出器と、前記電圧動差の他の相の電圧を決定する電圧決定手段と、前記電圧検出器で検出した相の電圧を所定する検出相電圧指令値と前記電圧決定手段で所定する検出相電圧指令値とを出力する検出相電圧指令値を前記電圧動差の出力値に基づいて検出相電圧指令値に補正する検出相電圧補正手段と、前記電圧検出器で検出した相の電圧と位相差が90度である仮定の相の電圧を所定する仮定相電圧値を前記検出相電圧指令値を用いて演算する仮定相電圧算出器と、前記検出相電圧指令値と前記仮定相電圧算出器の出力値に基づいて検出相電圧指令値に補正する検出相電圧補正手段と、前記電圧算出器で算出する検出相電圧指令値と、前記電圧算出器で算出する仮定相電圧指令値とを前記電圧決定手段の出力値に基づいて前記電圧動差の固定子に印加するべくしての相の電圧指令値に補正する電圧指令値補正手段とを特徴とする電圧動差制御装置である。

018) また、本発明は三相誘導電動機の固定子に
する交流電流群の振幅と周波数を変化させて駆動す
る動機制御装置において、前記三相誘導電動機の一つ
の電流を測定する電流検出器と、前記電流検出器で

を説明する。

【0026】従来の電動機制御装置と同様に、PWMインバータ102は電動機106からの制御信号である電圧指令値にしたがったパルス幅の信号を三相電動機100に供給する。この時、三相電動機100に供給される電圧は、 u 、 v 、 w 相、 w 相からなる三相の固定子に供給する電圧 $1u$ 、 $1v$ 、 $1w$ は、図2に示すように位相差が120度の正弦波状の電圧である。これらの電圧は、(数3)の三相ノ二相変換を行うことにより、図3に示すような位相差が90度で取り扱われる二相の電圧 $1a$ 、 $1b$ に変換することができる。

【0027】ここで、(数1)の図式を従って、(数3)の三相ノ二相変換は次式のように変更することができる。

【0028】

(数9)

$$\begin{bmatrix} 1a \\ 1b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\sqrt{3}}{2} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{1}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1u \\ 1v \\ 1w \end{bmatrix}$$

つまり、二相電流のうち $1a$ は、増幅器112により、二相電流の $1u$ に定数を乗算するだけで求めることができることになる。

【0029】一方、二相電流 $1a$ 、 $1b$ は位相差が90度の正弦波状の電圧であるので、電流の振幅を I_{am} 、周波数を ω 、初期の位相を α とすると、時刻 t での二相の電流 $1a$ 、 $1b$ は次式で表すことができる。

【0030】

(数10)

(数11)

(数12)

(数13)

(数14)

(数15)

(数16)

(数17)

(数18)

(数19)

(数20)

(数21)

(数22)

(数23)

(数24)

(数25)

(数26)

(数27)

(数28)

(数29)

(数30)

検出し、他の二つの相の電流を推定する電流推定手段と、前記電流検出器で検出した相の電流を制御する検出相電圧指令値を出力する検出相電圧制御器と、前記検出相電流検出器で検出し、他の二つの相の電流を制御する非検出相電流制御手段とを有しており、前記電流検出器の出力値と前記電流推定手段の出力値と前記検出相電流制御器の出力値と前記非検出相電流制御手段の出力値とを用いて、前記三相電動機の回転速度を推定する速度推定器を具備していることを特徴とする電動機制御装置であつてもよい。

【0019】また、本発明は電流推定手段が、電流検出器で検出した相の電流と位相差が90度である仮想の相の電流を推定する仮想相電流推定器であつて、非検出相電流制御手段が、前記電流検出器で検出した相の電流と位相差が90度である仮想の相の電流を制御する仮想相電流制御器であつて、速度推定器が、前記電流検出器の出力値と前記仮想相電流推定器の出力値と検出相電流制御器の出力値とを用いて、三相電動機の回転速度を推定することを特徴とする電動機制御装置であつてもよい。

【0020】

(実施例)以下本発明の一実施例の電動機制御装置について、図面を参照しながら説明する。

【0021】図1は本発明の第1の実施例における電動機制御装置の構成を示すブロック図である。図1において、100は三相電動機、102はPWMインバータ、104は電流検出器、106は電動機制御器、108は三相ノ二相変換器、110は仮想相電流推定器、112は増幅器である。

【0022】図2は三相電動機の相電流の時間変化を示す概念図である。

【0023】図3は二相モデルにおける電動機の電流の時間変化を示す概念図である。

【0024】図4は本発明の第1の実施例における仮想相電流推定器の構成を示した説明図である。

【0025】以上のように構成された電動機制御装置について、以下図1、図2、図3、図4を用いてその動作を説明する。

$$i_a = I_{amp} \times \cos(\omega \cdot t + \alpha)$$

$$i_b = I_{amp} \times \sin(\omega \cdot t + \alpha)$$

$$i_c = I_{amp} \times \cos(\omega \cdot t + \alpha + 120^\circ)$$

のように、 i_a を時間積分した値に周波数 ω を乗算した値で近似することができる。

【0032】したがって、仮想相電流推定器110は、電流検出器104で検出した三相電流の1つである i_u を(数9)のように定数倍した i_a を用いて、 i_a すなわち i_u と位相差が90度である仮想の相の電流 i_b を

オフセットは異なるものの、 i_a すなわち i_u と位相差が90度である i_b が推定可能なことが分かる。このオフセットは、公知のフィルター等の手法で補正することも可能である。

【0035】さらに、この i_a 、 i_b より、三相ノ二相変換器108は、公知の(数8)と同じ三相ノ二相変換を行う。

(数13)

$$\begin{bmatrix} 1u \\ 1v \\ 1w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{1}{2} & \frac{\sqrt{3}}{2} \\ \frac{1}{2} & \frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1a \\ 1b \end{bmatrix}$$

を用いて、電流検出器で検出した i_u 、 i_w の電流も推定でき、すべての相の電流が分かることになる。

【0036】なお、ここでは電流検出器104で検出した三相電流の1つの電流を i_u としたが、三相のうちいずれの相の電流を i_u としても構わないため、一般性を失うものではない。

【0037】また、ここでは三相電動機の例で説明したが、ステッピングモータのように二相のモータでも構わない。その場合は、仮想の相の電流がそのまま電流検出器で検出される。

【0038】次に、第1の実施例では、電流検出器で検出した相の電流を用いて、電流検出器で検出した相と位相差が90度である仮想の相の電流を推定することができようになるが、オフセットの補正をする必要があった。

【0039】そこで、本発明の第2の実施例として、電流検出器で検出した相と位相差が90度である仮想の相の電流を、オフセット補正が不要で推定することを可能にする。

$$i_a = I_{amp} \times \cos(\omega \cdot t + \alpha)$$

$$i_b = I_{amp} \times \sin(\omega \cdot t + \alpha)$$

$$i_c = I_{amp} \times \cos(\omega \cdot t + \alpha + 120^\circ)$$

$$i_d = I_{amp} \times \sin(\omega \cdot t + \alpha)$$

$$i_e = I_{amp} \times \cos(\omega \cdot t + \alpha + 120^\circ)$$

$$i_f = I_{amp} \times \sin(\omega \cdot t + \alpha)$$

$$i_g = I_{amp} \times \cos(\omega \cdot t + \alpha + 120^\circ)$$

$$i_h = I_{amp} \times \sin(\omega \cdot t + \alpha)$$

$$i_i = I_{amp} \times \cos(\omega \cdot t + \alpha + 120^\circ)$$

$$i_j = I_{amp} \times \sin(\omega \cdot t + \alpha)$$

$$i_k = I_{amp} \times \cos(\omega \cdot t + \alpha + 120^\circ)$$

$$i_l = I_{amp} \times \sin(\omega \cdot t + \alpha)$$

$$i_m = I_{amp} \times \cos(\omega \cdot t + \alpha + 120^\circ)$$

$$i_n = I_{amp} \times \sin(\omega \cdot t + \alpha)$$

$$i_o = I_{amp} \times \cos(\omega \cdot t + \alpha + 120^\circ)$$

$$i_p = I_{amp} \times \sin(\omega \cdot t + \alpha)$$

$$i_q = I_{amp} \times \cos(\omega \cdot t + \alpha + 120^\circ)$$

$$i_r = I_{amp} \times \sin(\omega \cdot t + \alpha)$$

$$i_s = I_{amp} \times \cos(\omega \cdot t + \alpha + 120^\circ)$$

$$i_t = I_{amp} \times \sin(\omega \cdot t + \alpha)$$

とする電動機制御装置を提供する。

【0040】以下本発明の第2の実施例の電動機制御装置について、図面を参照しながら説明する。

【0041】図5は本発明の第2の実施例における電動機制御装置の構成を示すブロック図である。図5において、100は三相電動機、102は電動機制御器、104は電流検出器、106は電動機制御器、108は三相ノ二相変換器、110は増幅器、200は電流推定器、202は増幅器、204は増幅器である。

【0042】図6は本発明の第2の実施例における電流推定器の構成を示した説明図である。

【0043】以上のように構成された電動機制御装置について、以下図5、図6を用いてその動作を説明する。

【0044】第1の実施例の電動機制御装置と同様に、PWMインバータ102は電動機制御器106からの制御信号である電圧指令値にしたがったパルス幅の信号を三相電動機100に供給する。この時、三相電動機100に供給される u 相、 v 相、 w 相からなる三相の固定子に供給する電圧 $1u$ 、 $1v$ 、 $1w$ は、位相差が120度の正弦波状の電圧であり、これらの三相電流は(数9)の三相ノ二相変換を行うことにより、(数10)、(数11)で表される位相差が90度で取り扱われる二相の電流 $1a$ 、 $1b$ に変換することができる。この三相ノ二相変換器108は、位相差が90度で取り扱われる二相の電流 $1a$ 、 $1b$ を(数12)のように、 i_a を時間積分した値に周波数 ω を乗算した値で推定することができるが、 i_a も同様、 i_b を時間積分した値に周波数 ω を乗算した値で推定することができる。

【0045】さらに、相電流推定器200により、 i_b は、(数12)のように、 i_a を時間積分した値に周波数 ω を乗算した値で推定することができるが、 i_a も同様、 i_b を時間積分した値に周波数 ω を乗算した値で推定することができる。

【0046】以上のように構成された電動機制御装置について、以下図5、図6を用いてその動作を説明する。

【0047】以上の電流検出器104で検出した三相電流の1つである i_u を定数倍した i_a を用いて、 i_a すなわち i_u と位相差が90度である仮想の相の電流 i_b を推定する仮想相電流推定器と、電流検出器104で検出した電流である i_u を定数倍した i_a を、仮想の相の電流 i_b を用いて推定する検出相電流推定器からなる相電流推定器200と、(数15)で示した仮想の相の電流 i_b を補正する電流補正器とを

【0048】以上のように構成された電動機制御装置について、以下図5、図6を用いてその動作を説明する。

【0049】以上のように構成された電動機制御装置について、以下図5、図6を用いてその動作を説明する。

【0050】以上のように構成された電動機制御装置について、以下図5、図6を用いてその動作を説明する。

【0051】以上のように構成された電動機制御装置について、以下図5、図6を用いてその動作を説明する。

【0052】以上のように構成された電動機制御装置について、以下図5、図6を用いてその動作を説明する。

【0053】以上のように構成された電動機制御装置について、以下図5、図6を用いてその動作を説明する。

【0054】以上のように構成された電動機制御装置について、以下図5、図6を用いてその動作を説明する。

【0055】以上のように構成された電動機制御装置について、以下図5、図6を用いてその動作を説明する。

【0056】以上のように構成された電動機制御装置について、以下図5、図6を用いてその動作を説明する。

【0057】以上のように構成された電動機制御装置について、以下図5、図6を用いてその動作を説明する。

【0058】以上のように構成された電動機制御装置について、以下図5、図6を用いてその動作を説明する。

【0059】以上のように構成された電動機制御装置について、以下図5、図6を用いてその動作を説明する。

【0060】以上のように構成された電動機制御装置について、以下図5、図6を用いてその動作を説明する。

【0061】以上のように構成された電動機制御装置について、以下図5、図6を用いてその動作を説明する。

【0062】以上のように構成された電動機制御装置について、以下図5、図6を用いてその動作を説明する。

【0063】以上のように構成された電動機制御装置について、以下図5、図6を用いてその動作を説明する。

【0064】以上のように構成された電動機制御装置について、以下図5、図6を用いてその動作を説明する。

$$\frac{d}{dt} \begin{pmatrix} i_{a-e} \\ i_{b-e} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & -\omega_0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i_{a-e} \\ i_{b-e} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ \omega_0 \end{pmatrix} i_s + u_b$$

で表すことができ、(数16)にしたがって、 i_b を計算し、 i_b を算出することができる。

[0048] この時の推定結果の一例を図6に示す。図中の横軸は時間、縦軸は電流である。図中の矢印は i_a 、 i_b の電流の1b、点線は反相電流推定器によって推定した i_b である。

[0049] 図6から、オフセットもなく、 i_a すなわち i_u と位相差が90度である i_b が推定可能なことが分かる。

[0050] この i_a 、 i_b を用いて、第1の実施例と同様に(数13)の二相ノ三相差換を用いれば、電流検出ししていない i_v 、 i_w の電流も推定でき、すべての相の電流が分かることになる。

[0051] なお、ここでも電流検出器104で検出した三相電流の1つの電流を i_u としたが、三相のうちいずれの相の電流を i_u としても構わないため、一般性を損なうものではない。

[0052] また、ここでも三相電流の例で説明したが、ステッピングモータのように二相のモータでも構わない。その場合は、反相の相の電流がそのまま電流検出ししていない相の電流になる。

[0053] (実施例3) 次に、第1および第2の実施例で、検出していない相の電流の推定手段の例を述べたが、この推定電流をそのまま利用して(数5)、(数6)に示した従来の電流検出を行うと推定遅れや誤差の要因で制御性が悪化し、最悪の場合は不安定になるという問題があった。

[0054] そこで、本発明の第3の実施例として、電流を検出しない相の電流を制御することを可能とする電動機制御装置を提供する。

[0055] 以下本発明の第3の実施例の電動機制御装置について、図面を参照しながら説明する。

$$v^* = K \int (i_a^* - i_a) dt + K p \cdot (i_a^* - i_a) \quad \text{(数17)}$$

として、電圧指令値 v_a^* を出力する。これにより、 i_a すなわち電流検出器104で検出した三相電流の1つである i_u を制御することが可能となる。

[0062] 次に、 i_a すなわち i_u と位相差が90度である反相の相の電流 i_b を制御するため電圧指令値 v_b^* は、電圧指令値 v_a^* と位相差が90度の正弦波状の波形で、電圧指令値の振幅を V_{amp} 、位相差を ω_0 、初期の位相を β とすると、時刻 t での二相の

[0056] 図7は本発明の第3の実施例における電動機制御装置の構成を示す全体図である。図7において、100は三相電流検出器、102はPWMインバータ、104は電流検出器、112は増幅器、300は反相電流推定器、302は検出相電流推定器、304は二相ノ三相差換器、306は電動機制御装置である。

[0057] 図8は本発明の第3の実施例における反相電流推定器からの反相電圧指令値を示した説明図である。

[0058] 図9は本発明の第3の実施例における電動機制御装置により速度制御を行った場合の速度応答を示した説明図である。

[0059] 以上のように構成された電動機制御装置について、以下図7、図8、図9を用いてその動作を説明する。

[0060] 第1、第2の実施例の電動機制御装置と同様に、三相電流検出器100に供給された i_u 相、 i_v 相、 i_w 相からなる三相の固定子に供給する電流 i_u 、 i_v 、 i_w は、位相差が120度の正弦波状の電流であり、これらの三相電流は(数9)の三相ノ二相差換を行うことにより、(数10)、(数11)で表される位相差が90度で取り遅いの前相と二相の交流電流 i_a 、 i_b に変換することができる。ここでも、 i_a は、増幅器112により、三相電流の電流検出器104で検出した相の電流 i_u に定数を乗算するだけで求めることができ、

[0061] 次に、電流を制御するために、まず、 i_a は(数5)、(数6)で示した従来の公知のPI制御等と同じように、電動機制御器306からの電流指令 i_a^* に追従させるために、検出相電流推定器302により、

(数17)

$v^* = K \int (i_a^* - i_a) dt + K p \cdot (i_a^* - i_a)$

電圧指令値 v_a^* 、 v_b^* は、

(数18)

$v^* = V_{amp} \cos(\omega_0 \cdot t + \beta)$

(数19)

$v^* = V_{amp} \sin(\omega_0 \cdot t + \beta)$

この(数18)、(数19)より、 v_b^* は、

(数20)

$v^* = V_{amp} \cos(\omega_0 \cdot t + \beta)$

として、電圧指令値 v_a^* を出力する。これにより、 i_a すなわち電流検出器104で検出した三相電流の1つである i_u を制御することが可能となる。

[0062] 次に、 i_a すなわち i_u と位相差が90度である反相の相の電流 i_b を制御するため電圧指令値 v_b^* は、電圧指令値 v_a^* と位相差が90度の正弦波状の波形で、電圧指令値の振幅を V_{amp} 、位相差を ω_0 、初期の位相を β とすると、時刻 t での二相の

(数17)

$v^* = K \int (i_a^* - i_a) dt + K p \cdot (i_a^* - i_a)$

電圧指令値 v_a^* 、 v_b^* は、

(数18)

$v^* = V_{amp} \cos(\omega_0 \cdot t + \beta)$

(数19)

$v^* = V_{amp} \sin(\omega_0 \cdot t + \beta)$

$$v_b^* = V_{amp} \sin(\omega_0 \cdot t + \beta) \\ = V_{amp} \times \omega_0 \int (\cos(\omega_0 \cdot t + \beta)) dt \\ = \omega_0 \int (v_a^*) dt$$

のように、 v_a^* を時間積分した値に定数 ω_0 を乗算した値で近似することができる。

[0063] したがって、反相電流推定器300は検出相電流推定器302から出力された電圧指令値 v_a^* を用いて、 i_a すなわち i_u と位相差が90度である反相の相の電流 i_b を反相電圧指令値 v_b^* により制御することが可能である。

[0064] この反相電流推定器300からの反相電圧指令値の一例を図8に示す。縦軸は時間、横軸は電圧指令値である。図中の矢印は v_a^* 、 v_b^* である。

[0065] 図8から反相電流推定器300により、電圧指令値 v_a^* と位相差が90度である反相電圧指令値 v_b^* が出力されていることが分かる。

[0066] そして、電圧指令値 v_a^* 、 v_b^* を用いて、三相の電圧指令値 v_u^* 、 v_v^* 、 v_w^* に変換され、PWMインバータ102により、これらの電圧指令値にしたがったパルス幅の信号を三相電流検出器100に供給する。

[0067] 以上の実施例によって速度制御を行った場合の速度応答を図9に示す。横軸は時間、縦軸は速度である。図中の矢印は電動機の回転速度、波線は電動機の日周速度である。

[0068] 図9からこれらの電圧指令値により、電動機の回転速度が目標速度に追従し、速度制御が可能となることが分かる。

[0069] なお、ここでも電流検出器104で検出した三相電流の1つの電流を i_u としたが、三相のうちいずれの相の電流を i_u としても構わないため、一般性を損なうものではない。

[0070] また、ここでも三相電流の例で説明したが、ステッピングモータのように二相のモータでも構わない。その場合は、反相電圧指令値がそのまま電流検出ししていない相の電圧指令値になる。

[0071] (実施例4) 次に、第3の実施例では、検出していない相の電流の制御手段の例を述べたが、一般にPWMインバータはPWMインバータに用いられるスイッチング素子の動作遅れの影響で、スイッチング動作を行わないデッドタイムを設けてある。このデッドタイムの影響を考慮しないと電動機に印加する電圧指令値と異なり、電圧指令値を用いて電動機の制御を行う電動機制御装置の場合は、制御性が悪化することが知られている。

(数17)

$v^* = K \int (i_a^* - i_a) dt + K p \cdot (i_a^* - i_a)$

電圧指令値 v_a^* 、 v_b^* は、

(数18)

$v^* = V_{amp} \cos(\omega_0 \cdot t + \beta)$

(数19)

$v^* = V_{amp} \sin(\omega_0 \cdot t + \beta)$

ここで、 V_d はデッドタイムの長さで決まる補正電圧で、 $s \sin \theta$ を定す因数で、電流が正の場合は V_d を加算し、電流が負の場合は V_d を減算することになる。

[0082] つまり、デッドタイム補償器400は、仮三相電流補償器300と検出用電流補償器302の出力を、 \pm 相/三相電流補償器304により変換した電圧値 v_u, v_v, v_w を入力として、(数21)、(数22)、(数23)の関数から、電圧指令値 v_u^*, v_v^*, v_w^* に変換して、PWMインバータ102に入力する。
[0083] これにより、複数の三相の電圧指令値 v_u, v_v, v_w は二相/三相電流補償器304の出力となり、二相の電圧値はそれぞれ、検出用電流補償器302の出力が v_a 、仮三相電流補償器300の出力が v_b となる。
[0084] 以上より、電流検出器104で検出した電流だけでなく、仮三相電流補償器110で補正した電流を用いて、デッドタイム補償器をすることが可能となり、三相電流検出器100に印加する電圧値を決定することができ、

[0085] なお、ここでも電流検出器104で検出した三相電流の1つの電流を i_u としたが、三相のうちいずれの相の電流を i_u としても構わないため、一般性を損なうものではない。

[0086] また、ここでも三相電流補償器の例で説明したが、ステッピングモータのように二相のモータでも構わない。その場合は、仮三相電圧指令値がそのまま電流検出器104に入力される。

[0087] 次に、これまでの実施例では、電流検出器104で全ての相の電流を決定する電流検出方式、さらに、全ての相の電流を制御する電流制御方式について説明したが、回転速度の推定ができなければ、速度検出器を付加するか、簡便な制御が実現することが不可能である。

[0088] そこで、本発明の第5の実施例として、電流検出器104で三相誘導電動機の高転速まで推定することと可能とする電流検出装置を提供する。

[0089] 以下本発明の第5の実施例の電流検出装置

$$\begin{bmatrix} v_u^* \\ v_v^* \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha & 0 & \beta & 0 \\ 0 & \alpha & 0 & \beta \\ 0 & 0 & \delta & \delta \\ 0 & 0 & \delta & \delta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ \phi_a \\ \phi_b \end{bmatrix} \quad (数24)$$

$$\begin{aligned} \alpha &= R_s + \frac{L_s L_r - M^2}{L_s} \frac{d}{dt} \\ \beta &= \frac{M}{L_s} \frac{d}{dt} - \frac{R_s M}{L_s} \\ \delta &= \frac{R_s}{L_s} + \frac{d}{dt} \end{aligned}$$

ここで、 ϕ_a, ϕ_b はそれぞれ回転子側の二次磁束で、

ス、 M は相互インダクタンス、 ω_m はモータの回転速度、 p は極対数である。この二次磁束 ϕ_a, ϕ_b は、

$$\phi_a = L_s i_a / M \quad (数25)$$

(数26)

$$\phi_b = L_s i_b / M \quad (数26)$$

と、二相の交流電流 i_a, i_b と二相の交流電圧 v_a, v_b から推定できる。

[0097] まず、速度制御を行う速度制御器502、回転/静止座標変換器504、すべり周波数計算器506、積分器508、加算器510、増幅器512の動作について説明する。

$$i_q^* = K_t \cdot \int (\omega_m^* - \omega_m) dt - K_{ss} \cdot \omega_m \quad (数27)$$

のように与える。ここで、 K_t, K_{ss} は速度制御ゲインで、与えられた値になるように定数である。したがって、速度推定が正しく行われれば、直流電流と同等の制御を実現することができる。

[0099] 誘導電動機は永久磁石がないので、永久磁石が作る磁界に相当する磁界を作るための予め定めた励磁電流を励磁電流指令値 i_d^* に基づいて与える。そして、すべり周波数計算器506は、励磁電流指令値 i_d^* とトルク電流指令値 i_q^* を用いて、すべり速度 ω_s を(数28)で計算する。

(数28)

$$\theta = \int \omega_0 dt = \int (p \cdot \omega_m^* + \omega_s) dt \quad (数29)$$

[0103] さらに、(数7)と同様の回転/静止座標変換器504、

$$\begin{bmatrix} i_a^* \\ i_b^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_d^* \\ i_q^* \end{bmatrix} \quad (数30)$$

により、あたかも永久磁石があるかのように、前記の励磁電流指令値 i_d^* とトルク電流指令値 i_q^* と電気的位相角 θ とを用いて演算を行う。

[0104] その結果、励磁電流指令値 i_d^* とトルク電流指令値 i_q^* は、位相角が90度の二相の電流を示す二相交流電流指令値 i_a^*, i_b^* に変換され

$$\omega_m = \frac{1}{\phi_b} \left[\frac{R_s}{L_s} M i_a - \frac{R_s}{L_s} i_b - \frac{d}{dt} \phi_a \right] \quad (数32)$$

(数32)

ここで、 ϕ_a, ϕ_b はそれぞれ回転子側の二次磁束で、

$$\omega_{sc} = -\frac{1}{\phi_a} \left(-\frac{R_1}{L_1} M \cdot i_b + \frac{R_1}{L_1} \phi_b + \frac{d}{dt} \phi_b \right)$$

この式の二相の交流電圧 i_a, i_b に、増幅器1112の出力と反相電圧増定器110を用い、二相の交流電圧 v_a, v_b に、後出相電圧増定器302の出力と反相電圧増定器300の出力を用いて推定すれば、電圧増定器110と三相誘導電動機との同相推定可能となる。
 (0110) なお、(数31)と(数32)の2つの式ともに、分母が0となる場合があるが、(数31)の分母である二次項 ϕ_a と(数32)の分母である二次項 ϕ_b は、図3と同様に位相が90度ずれた正弦波になるため、両方とも同時に0になることはない。そこで、二次項 ϕ_a, ϕ_b の大きさを検出し、これらが0近傍でない方の推定式を選択すれば、常に精度よく三相誘導電動機の回転速度を推定できることになる。
 (0111) 以上の方式により、電圧増定器110と、三相の電圧を推定し、制御することが可能となり、さらに、速度検出器を用いなくても、三相誘導電動機の速度制御が可能となり、速度指令値の動作を実現することができる。

(0112) なお、ここでも電圧増定器104で検出した三相電圧の1つの電圧を1として、三相のうちいずれの相の電圧を1としても構わないため、一般性を損なうものではない。
 (0113)

【発明の効果】上記実施例の記載から明らかなように、本発明の電動機制御装置は、電動機の二つの相の電圧を推定する電圧増定器と前記電圧増定器で検出しない他の相の電圧を推定する電圧推定手段を具備していることを特徴として、少なくとも二相以上の相を有する電動機の固定子に供給する交流電圧群の振幅と周波数を変化させて駆動するものである。

(0114) さらに、電動機の一つの相の電圧を推定する電圧増定器と、前記電圧増定器で検出した相の電圧を制御する後出相電圧指令値を出力する後出相電圧増定器と、前記電圧増定器で検出した相の電圧と位相差が90度である反相の相の電圧を制御する反相電圧指令値を出力する反相電圧増定器と、前記後出相電圧指令値と前記反相電圧指令値から前記電動機の固定子に印加するすべての相の電圧指令値に変換する電圧指令値変換器とを具備していることを特徴として、少なくとも二相以上の相を有する電動機の固定子に供給する交流電圧群の振幅と周波数を変化させて駆動するものである。

【図面の簡単な説明】

05 (図1) 本発明の第1の実施例における電動機制御装置の構成を示す全体図

(図2) 三相電動機の相電圧の時間変化を示す概念図
 (図3) 二相モデルにおける電動機の電圧の時間変化を示す概念図

10 (図4) 本発明の第1の実施例における反相電圧推定器の推定値を示した説明図

(図5) 本発明の第2の実施例における電動機制御装置の構成を示す全体図

(図6) 本発明の第2の実施例における相電圧推定器の推定値を示した説明図

15 (図7) 本発明の第3の実施例における電動機制御装置の構成を示す全体図

(図8) 本発明の第3の実施例における反相電圧増定器からの反相電圧指令値を示した説明図

(図9) 本発明の第3の実施例における電動機制御装置により速度制御を行った場合の速度応答を示した説明図

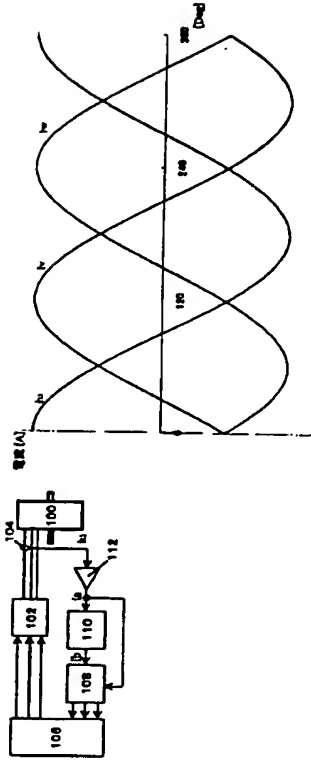
20 (図10) 本発明の第4の実施例における電動機制御装置の構成を示す全体図

(図11) 本発明の第5の実施例における電動機制御装置の構成を示す全体図

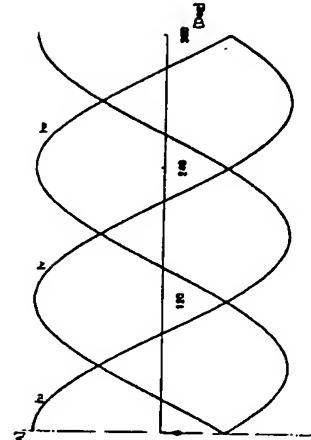
(符号の説明)

- 100 三相電動機
- 102 PWMインバータ
- 104 電圧検出器
- 106, 306 電動機制御器
- 108, 304 二相/三相変換器
- 110 反相電圧推定器
- 112, 204, 512 増幅器
- 200 相電圧推定器
- 202 減算器
- 300 反相電圧増定器
- 302 後出相電圧増定器
- 400 デッドタイム制御器
- 500 速度推定器
- 502 速度制御器
- 504 回転/停止検出器
- 506 すべり周波数推定器
- 508 積分器
- 510 加算器
- 514 三相誘導電動機

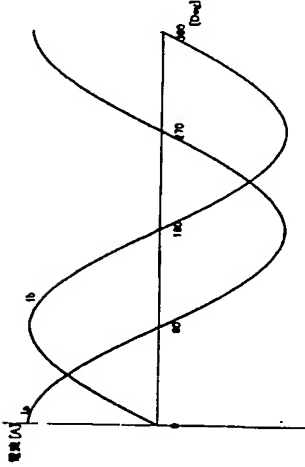
(図1)



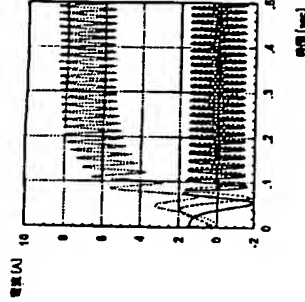
(図2)



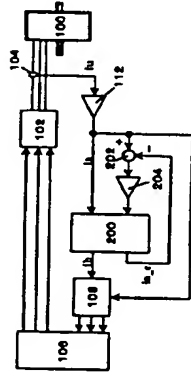
(図3)



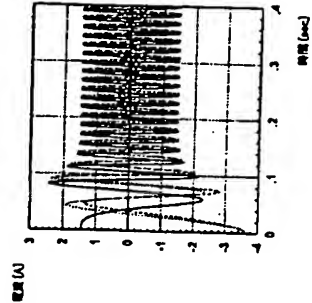
(図4)



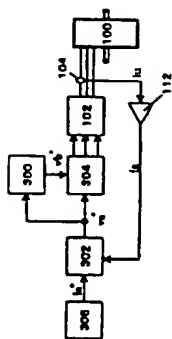
(図5)



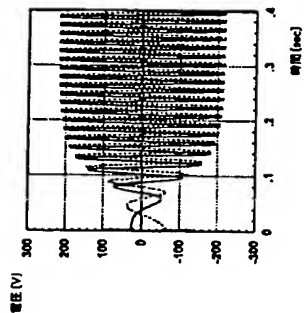
(図6)



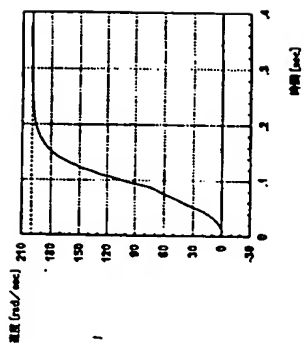
[図7]



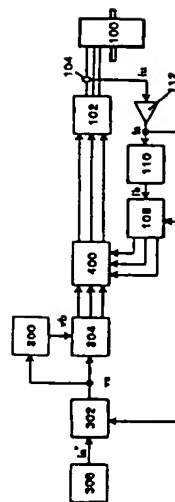
[図8]



[図9]



[図10]



[図11]

